

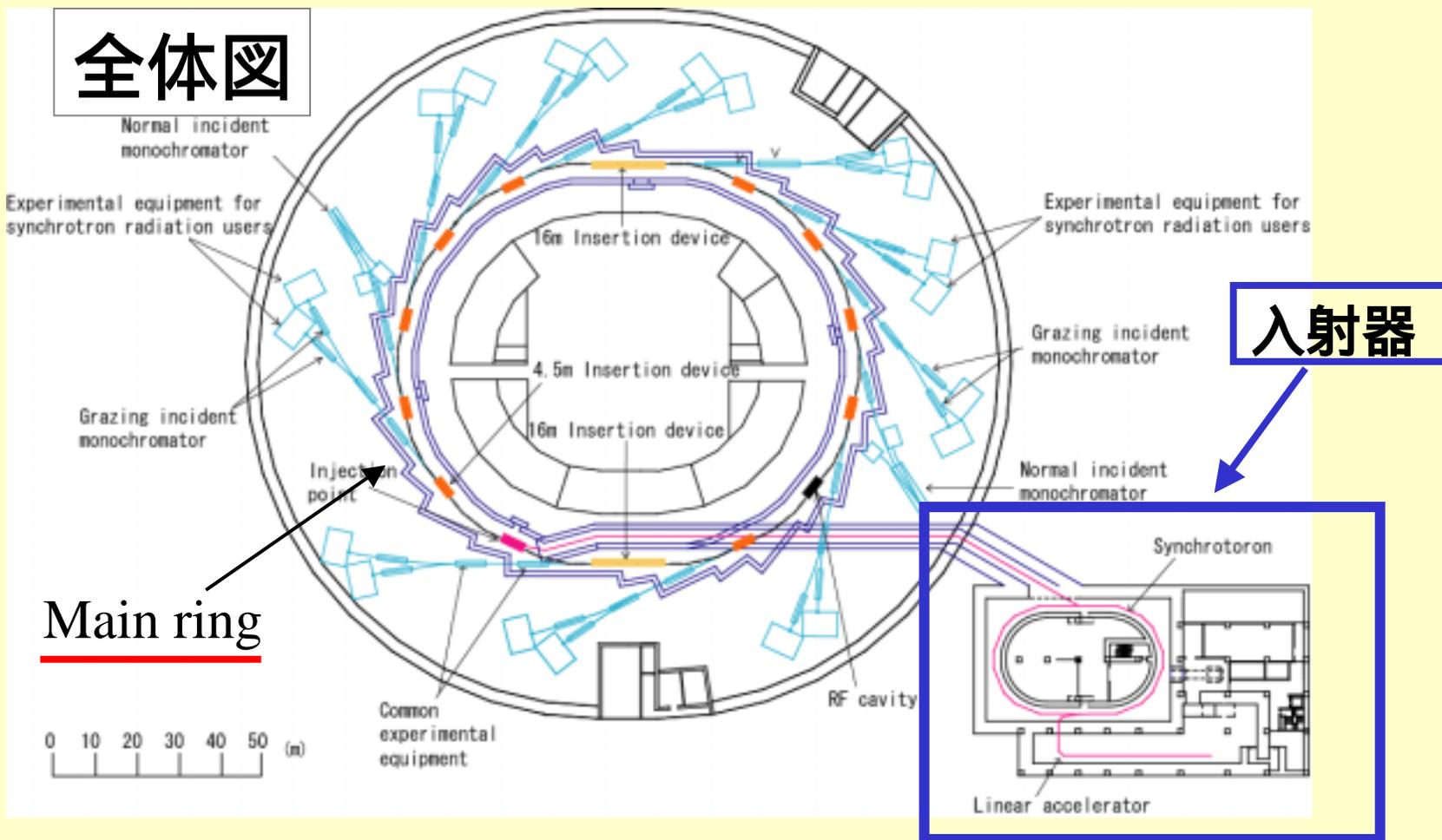
入射器

(ライナック・シンクロトロン)

阪井寛志、濱広幸
東京大学物性研究所、東北大学

Motivation

入射を速やかにを行い、Top-up入射によるビームロスを防ぐため、低エミッタンス化を上流(入射部)にて行う。



入射器に要求される性能

Emittance : 50 nm rad (@1.8GeV)

Energy spread : 0.1% 以下

(Ring acceptance < 3%)

(BT acceptance < 0.3% 60 pipe 仮定)

Depend on
injection
condition
to main ring

Beam current :

Multi bunch → max 0.8nC/bunch , 30ns ~ 60ns

Single bunch → max 0.8 nC/bunch

Repetition ratio : 0.5 ~ 1Hz

From
Top-up
scheme

Top-up 入射 (Multi-bunch)

以下の仮定にてsimulationを行う。(compare with SLS < 0.5%)

Stored current

- 400mA

Injection

- bunch train 30ns

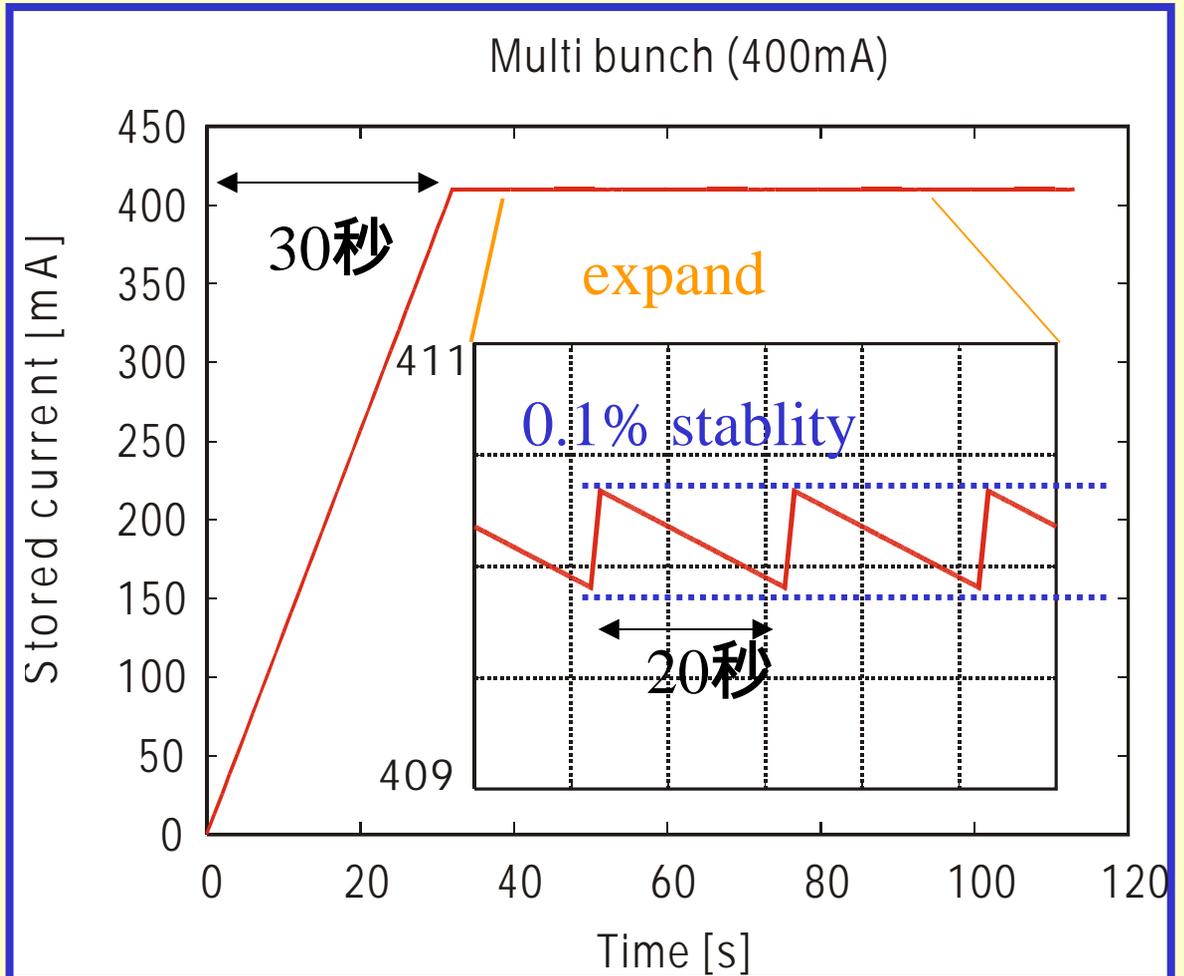
- 0.8nC/bunch

- Total 12nC/s

Lifetime

- 5hour(worse case)

0.1%のstabilityを
得るためには20秒に
一回の入射を行う



Top-up 入射 (single-bunch)

同様にsingle bunchの場合、以下の仮定にてsimulationを行う。

Stored current

- 30mA

Injection

- 0.8nC/bunch

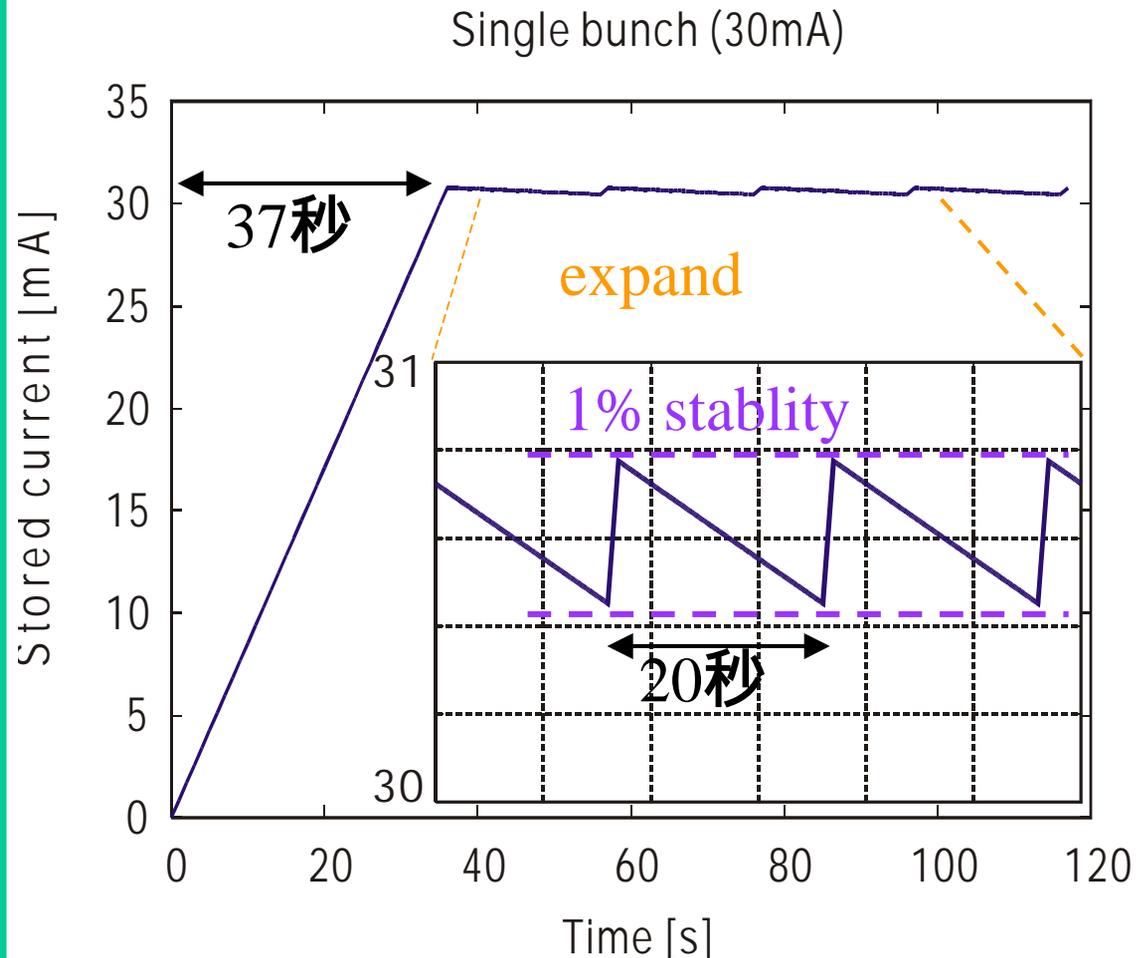
- 1Hz

Lifetime

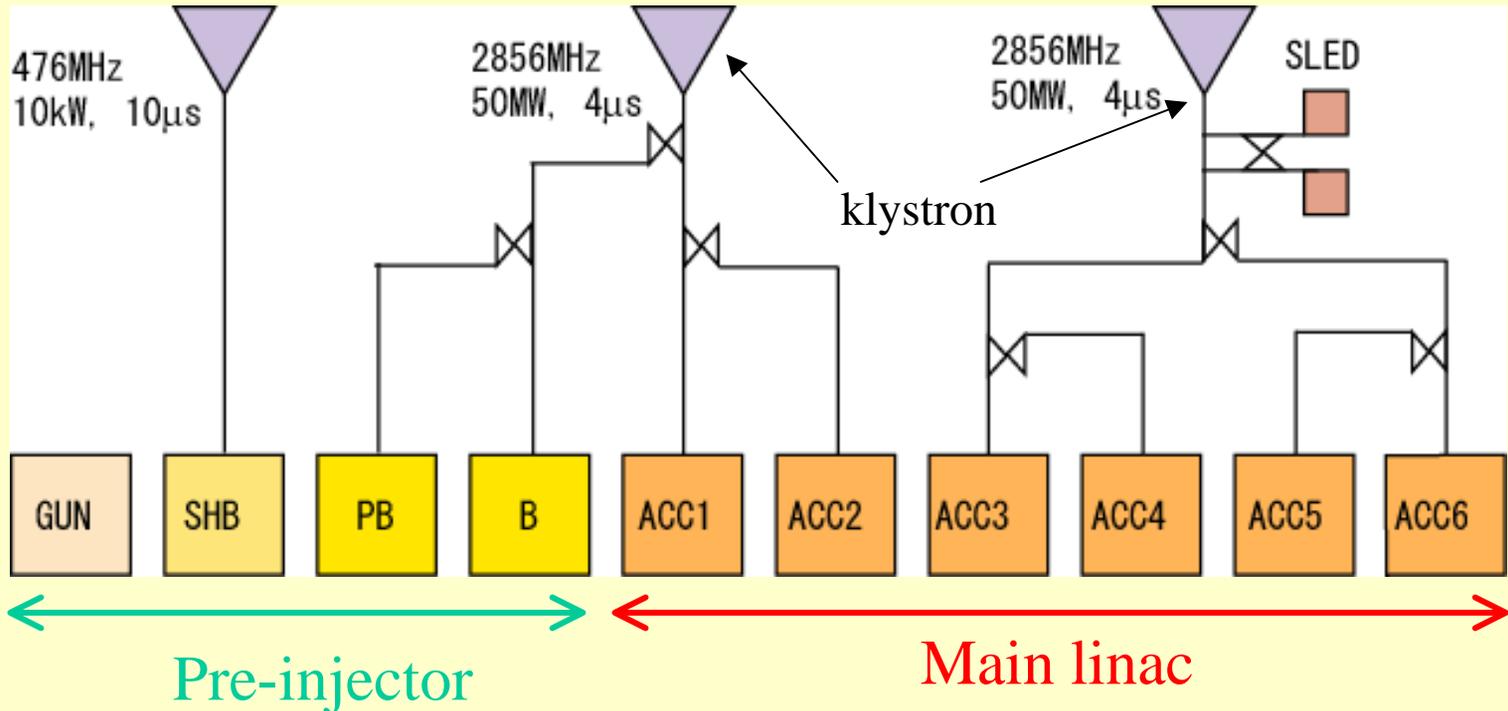
- 30 min

(Touschek dominant)

1%のstabilityを
得るためには20秒に
一回の入射を行う



ライナック



GUN : Electron gun

PB : Prebuncher

ACC1-6 : 2m accelerating structure

SHB : Sub-harmonic buncher

B : Buncher

SLED : SLED cavity

2台の50MWのKlystronから、RFが6本の加速管にdriveされ、電子ビームはMain linac 出口で200MeVまで加速される。

ライナックの基本パラメータ

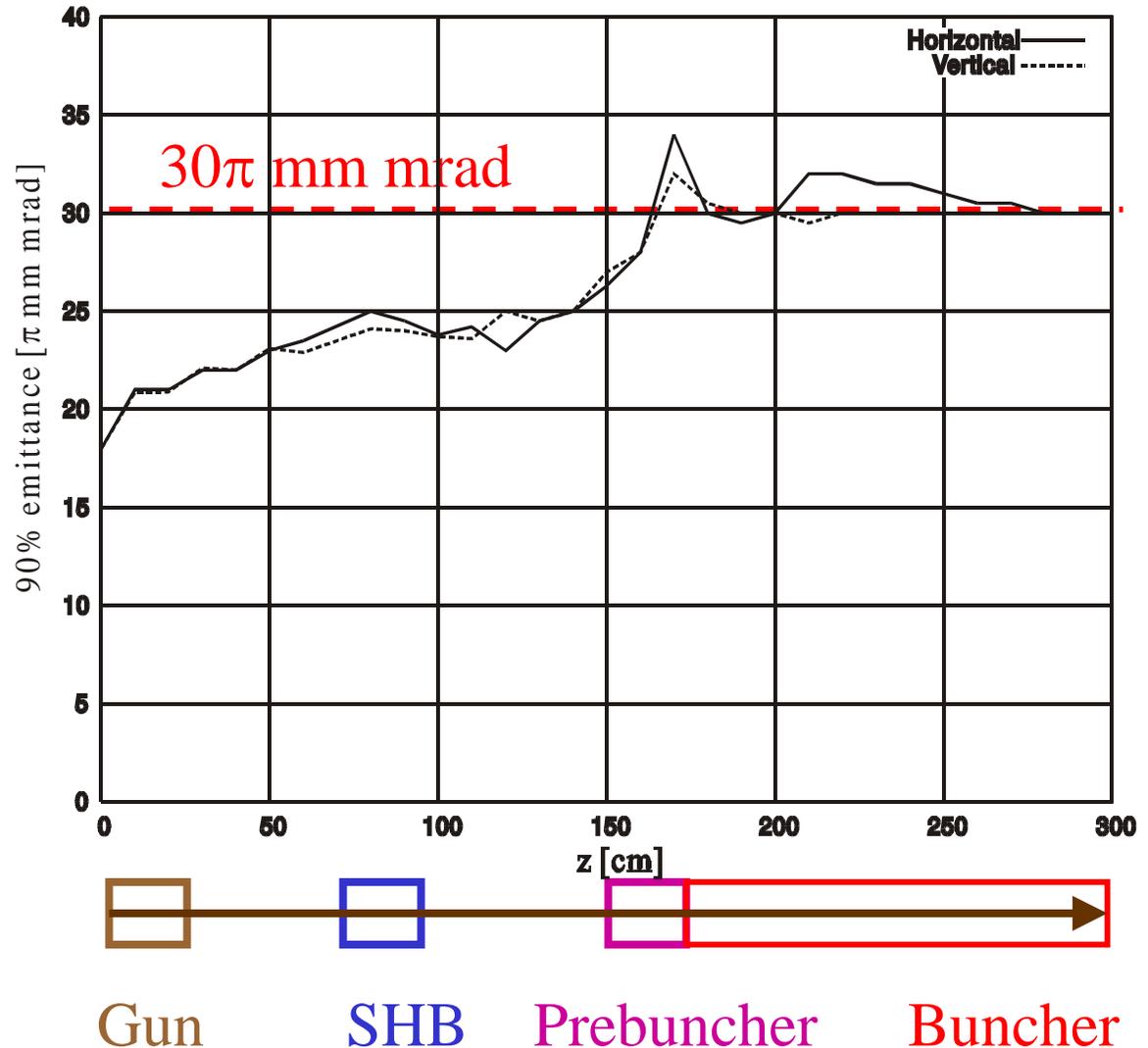
ビームエネルギー	200MeV	
RF 周波数	2856MHz	
繰り返し周波数	50Hz (Max)	
規格化エミッタンス (90%)	< 50mm mrad	
エミッタンス (90%)	< 130nm rad (@200MeV)	
運転モード	Single	Multi
パルス長	1ns(10ps)*	30 ~ 60ns
ピーク電流 (最大)	1A	400mA
エネルギー幅 (FWHM)	0.5%	0.5%
ジッター	50ps	50ps

*電子銃で 1ns の電子ビームが生成され、SHBを含む入射部で10ps のシングルパルスにバンチングされる。

エミッタンス (pre-injector)

Example of
single bunch
by PARMERA
(0.8nC , 1ns
beam ejected.)

Emittance is
Suppressed by
Solenoid magnet



Accelerating structure

加速モード	$2/3\pi$ 進行波型
長さ	2m
Shunt impedance R	57 M Ω
Q値	13700
内径 2a	25 ~ 20 mm
周波数	2856MHz

加速勾配

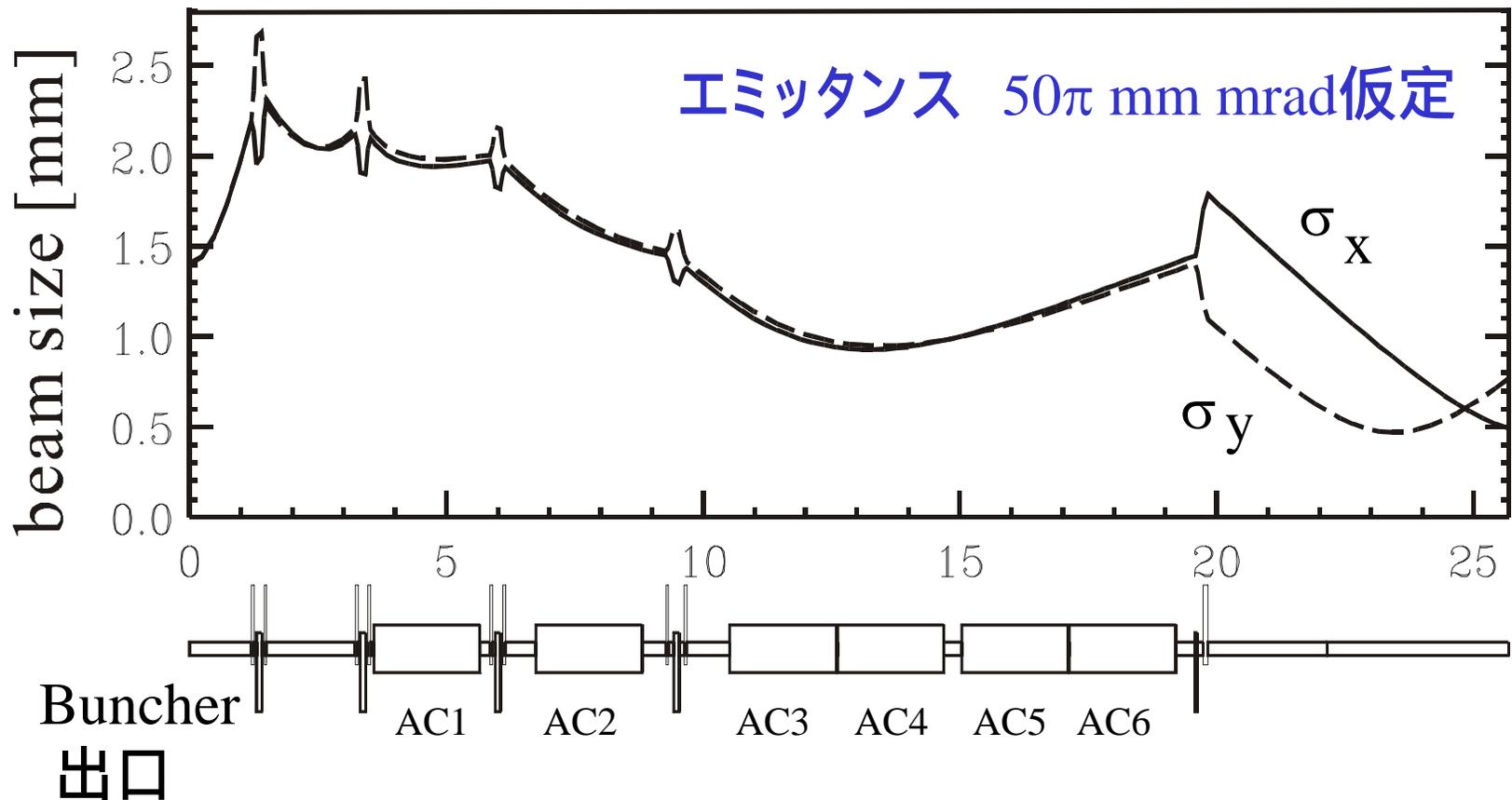
13MV/m SLED なし

21MV/m SLED あり



SLAC type 加速管

Optics of linac



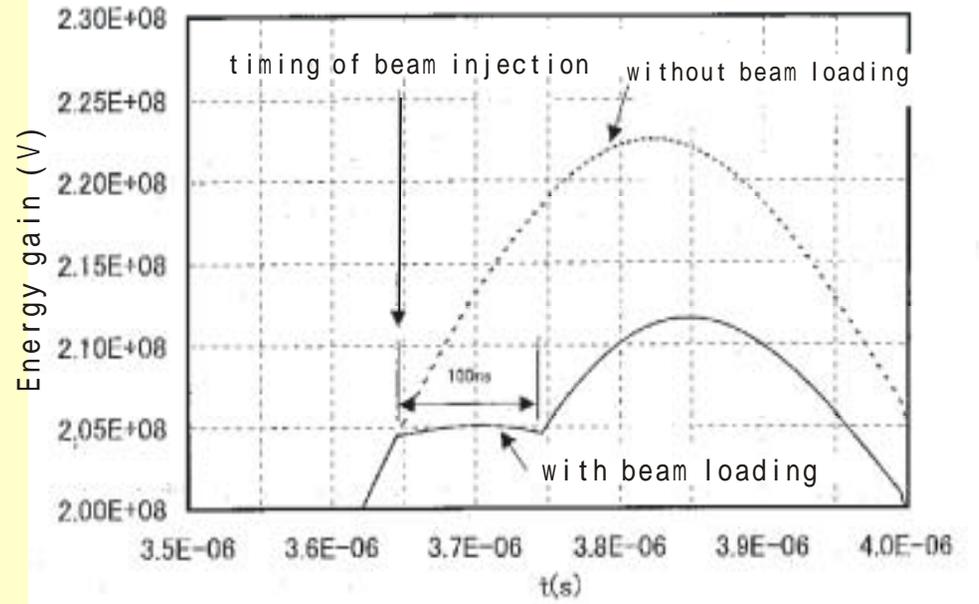
加速管の内径は20 なので、ビームは
加速管の中をロスなく進行する。

Energy spread

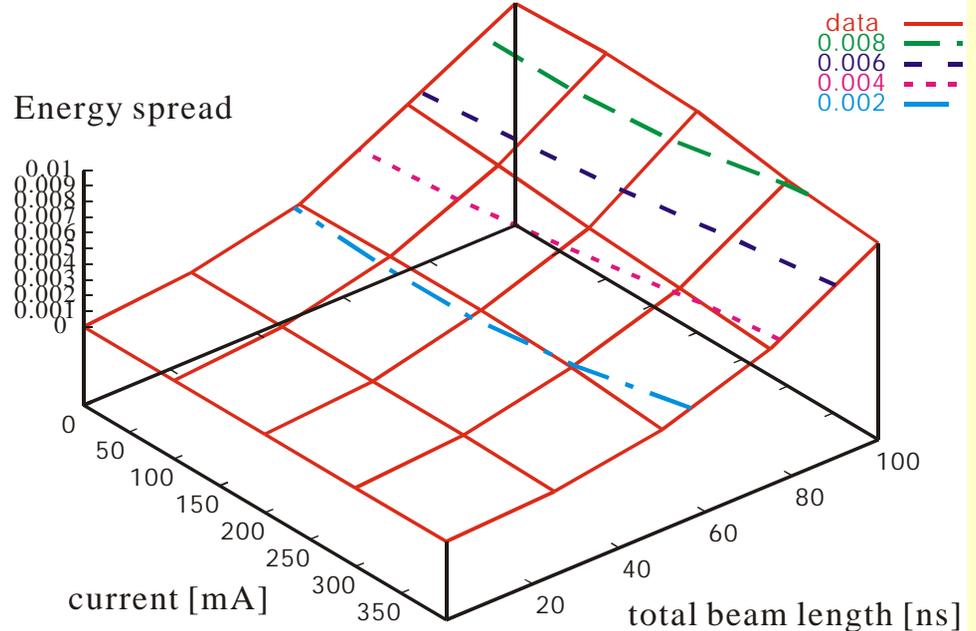
Multi bunch のEnergy spread は beam loading の効果とSLEDの反転時間のTimingをかえることで抑制可能

30ns: $< \pm 0.05\%$
60ns : $< \pm 0.25\%$
100ns : $< \pm 0.5\%$

60ns以下では
入射条件を満たす。

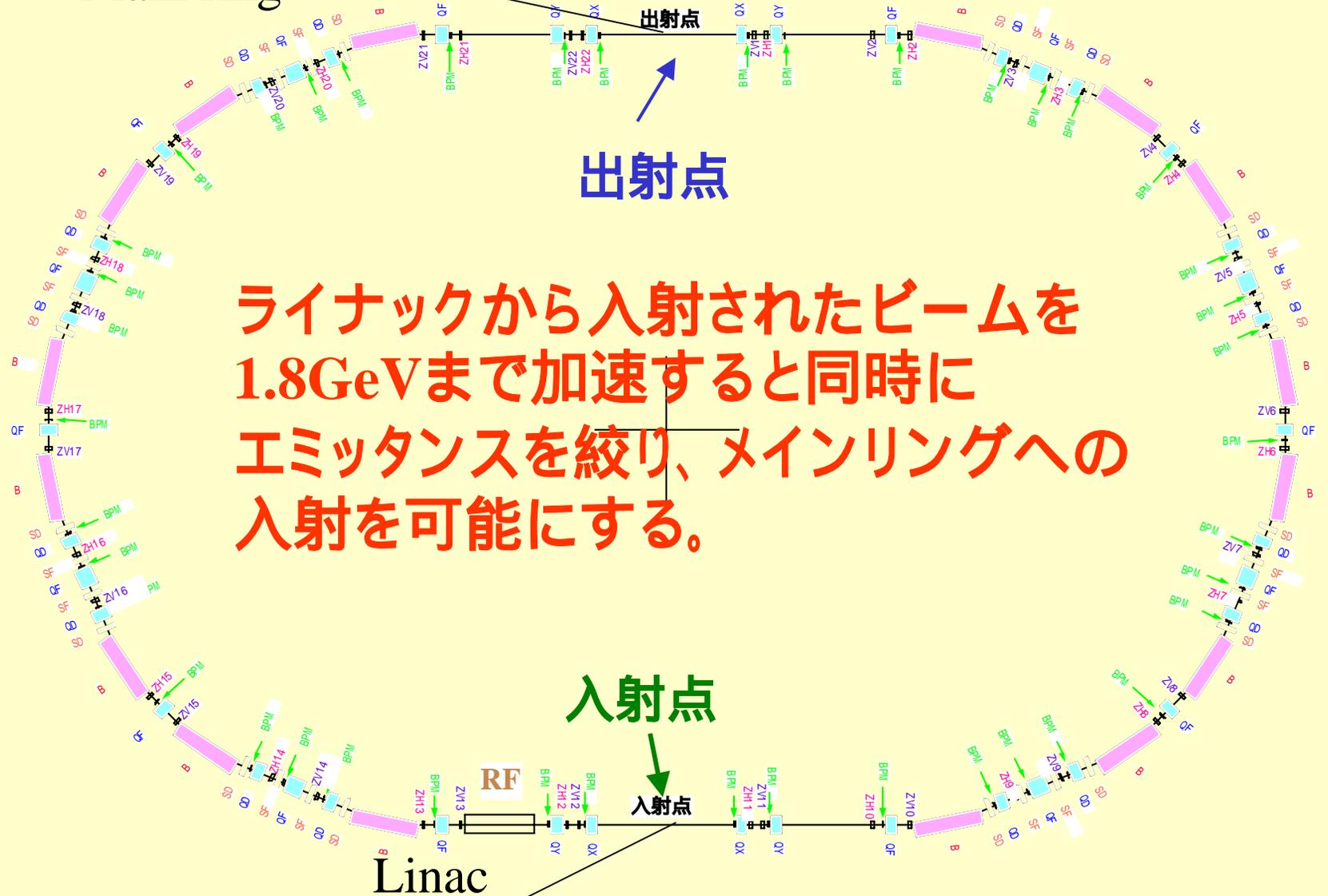


Energy spread



シンクロトロン

Main ring

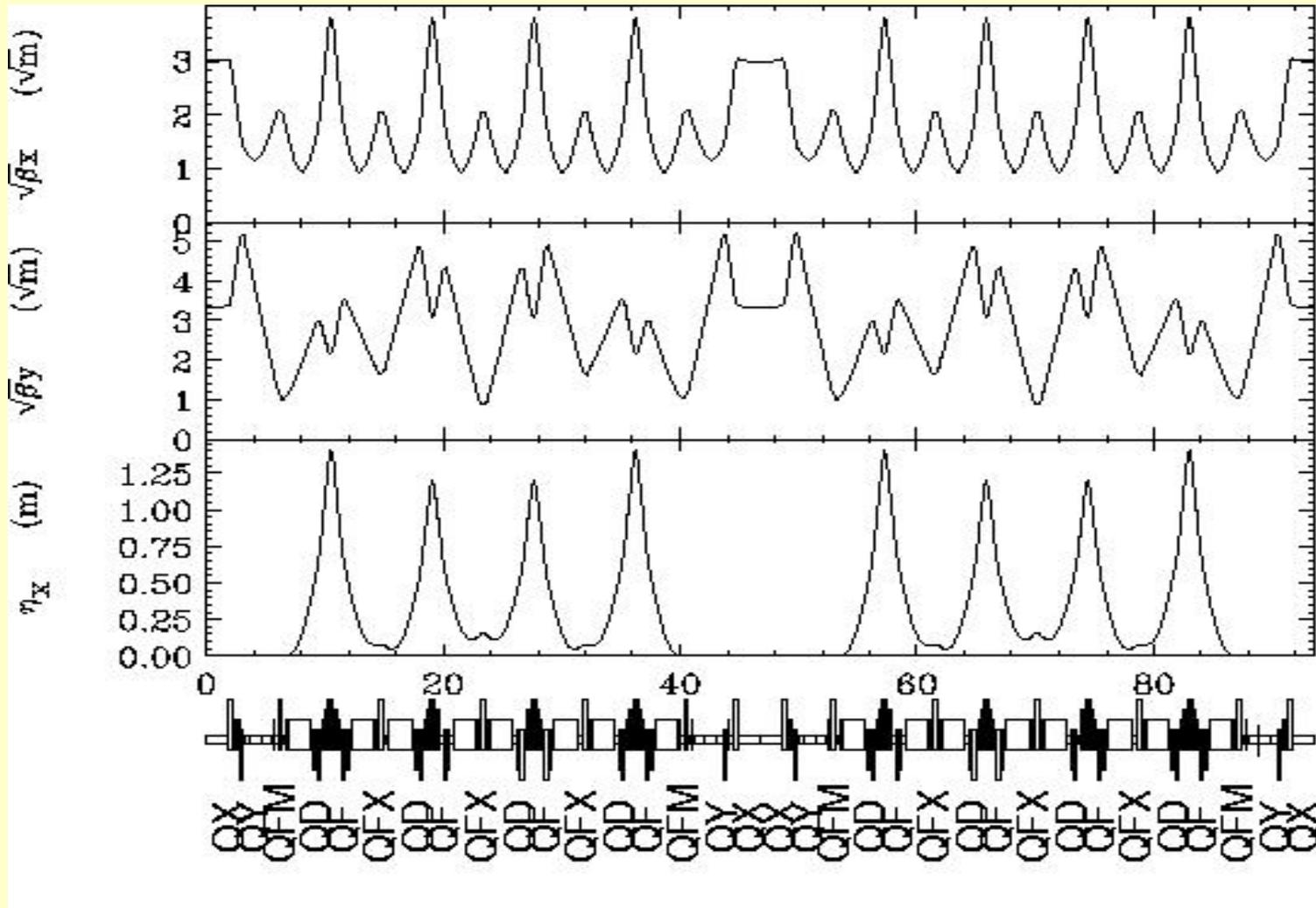


ライナックから入射されたビームを
1.8GeVまで加速すると同時に
エミッタンスを絞り、メインリングへの
入射を可能にする。

Parameters

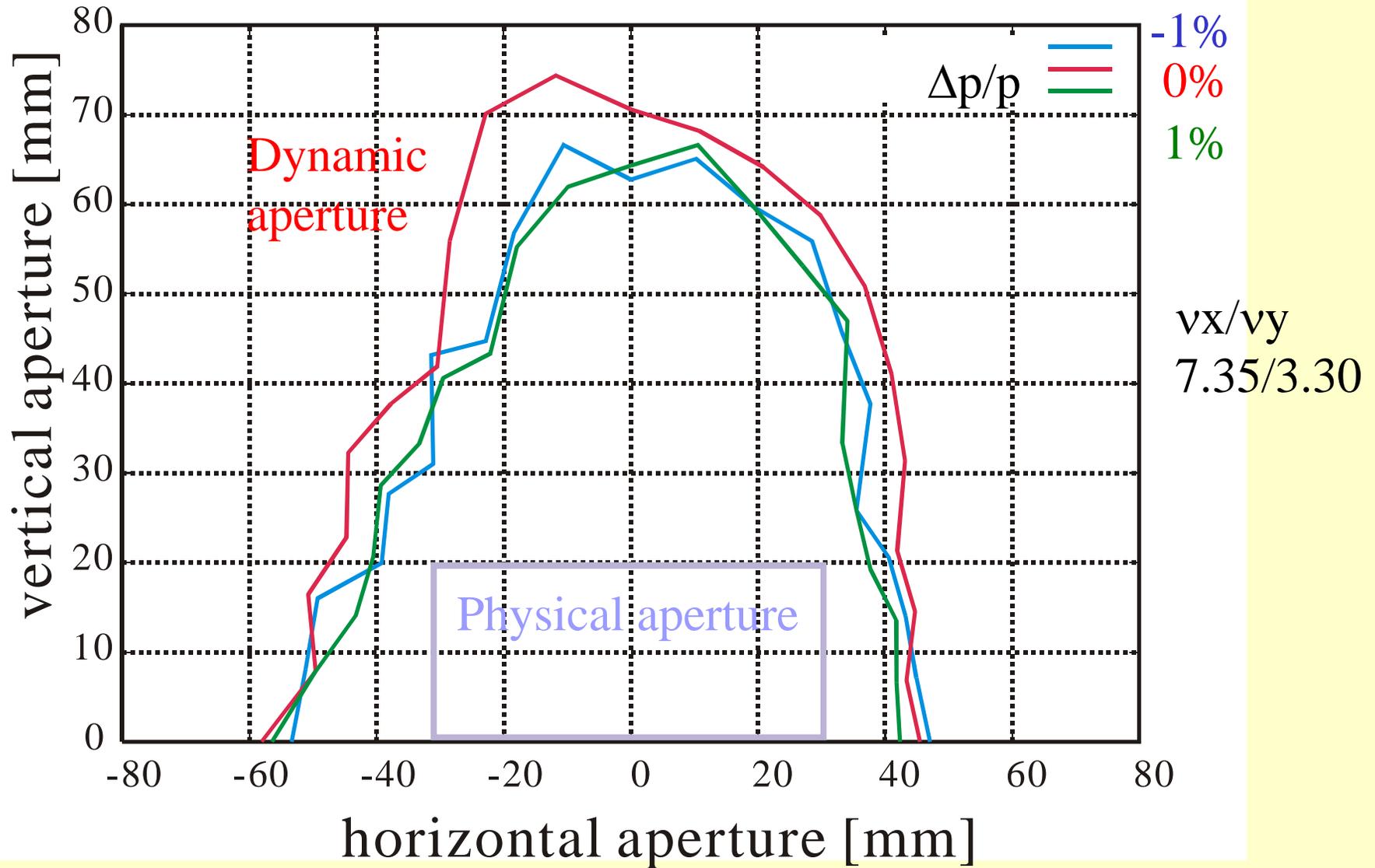
エネルギー	0.2 ~ 1.8 GeV
周長	93.5 m
ラティス	Modified FODO
偏向電磁石	
曲率	4.8 m
磁場	1.25 T
四極電磁石	
種類	6
磁場勾配	< 20 T/m
チューン	(7.35 / 3.30)
到達エミッタンス	52 nm rad
エネルギー広がり	0.07%
バンチ長	13.7 mm
運動量縮約因子	0.01
RF電圧	0.5 MV

Lattice



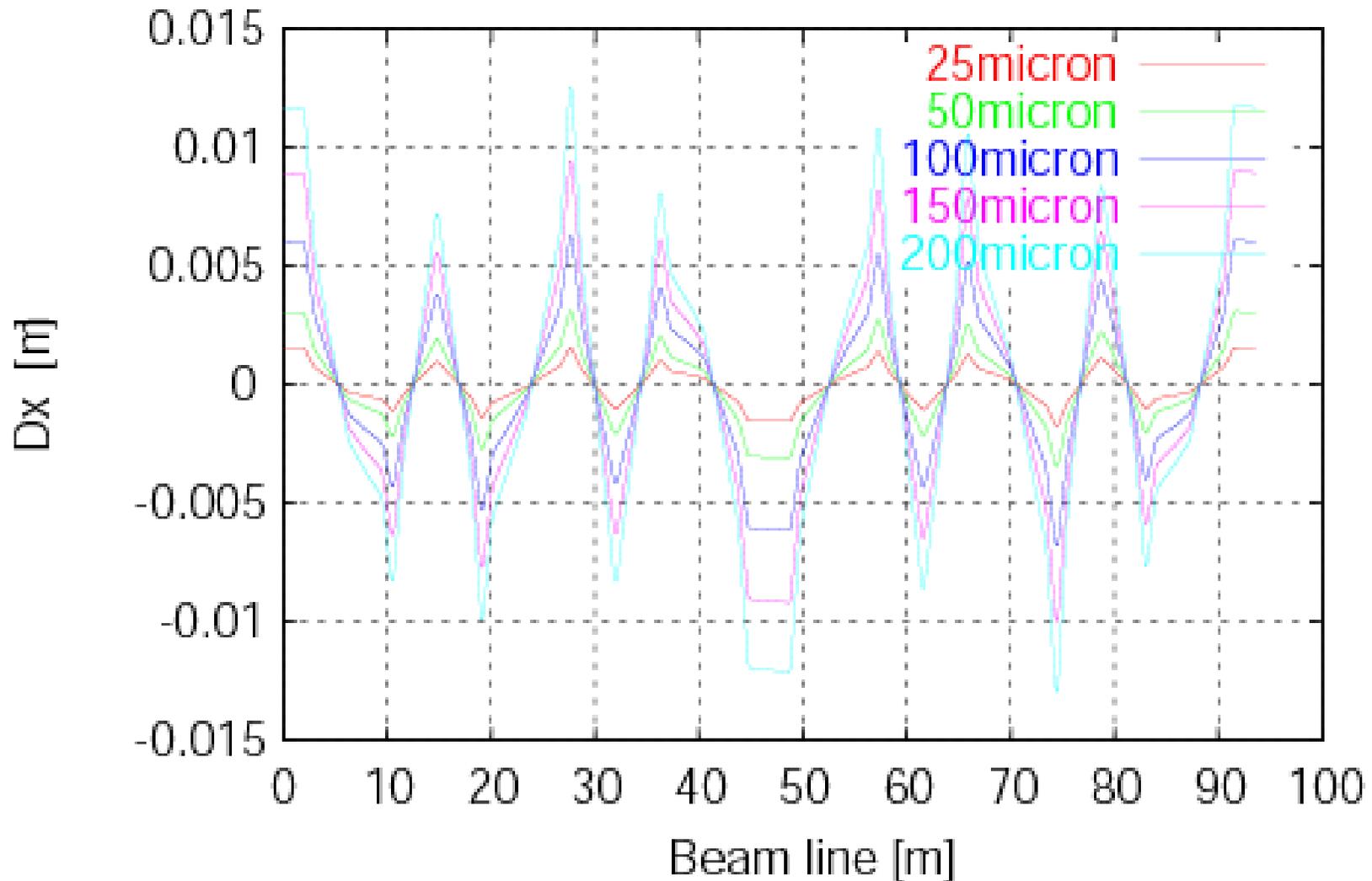
Low η を偏向電磁石にもってこることで、低エミッタンス化する。

Dynamic aperture



Raw COD

Raw COD (Q center Dx different RMS)



入射

200MeV on axis injection

Kicker1 :

37.5mrad

0.75m

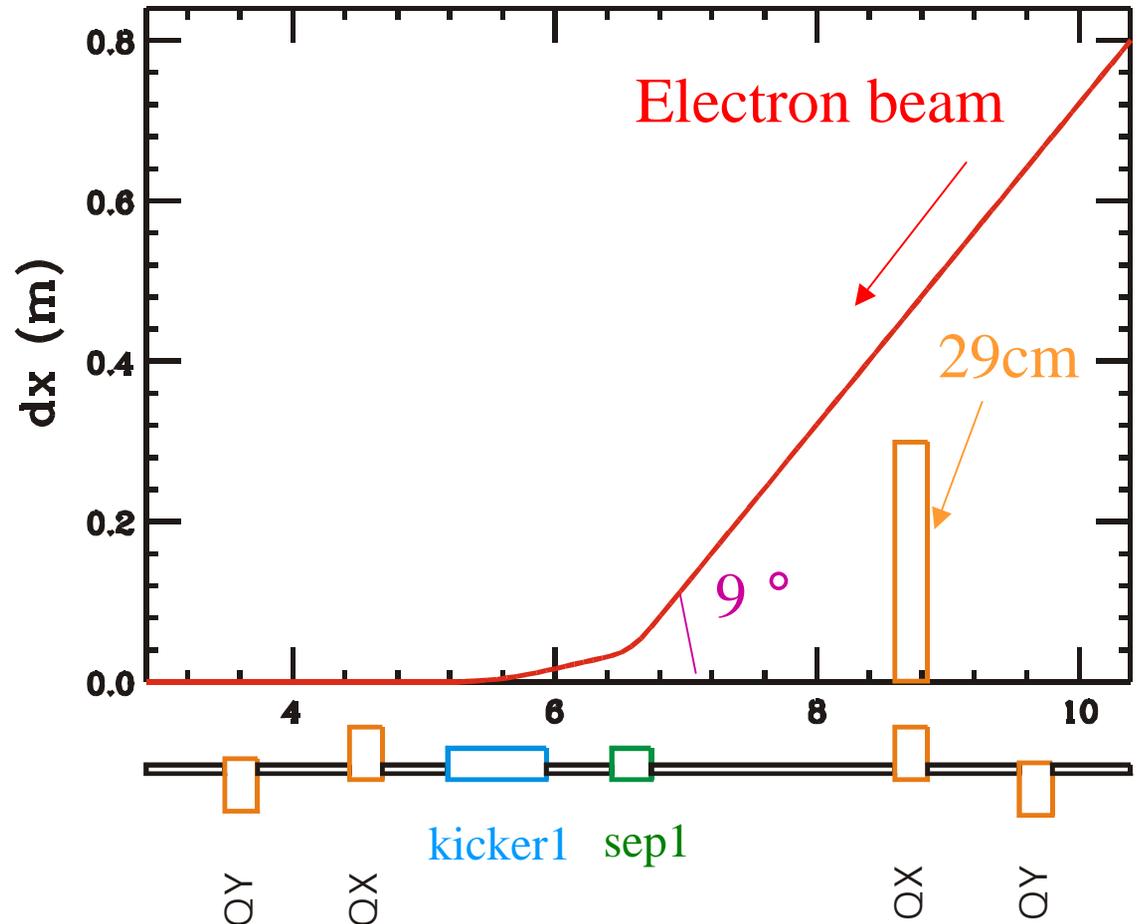
0.333kG

Septum1 :

蹴り角 9°

0.3m

0.35T



出射

1.8GeV

On axis extraction

Kicker1 : 4mrad

0.6m , 0.4kG

Kicker2 : 4mrad

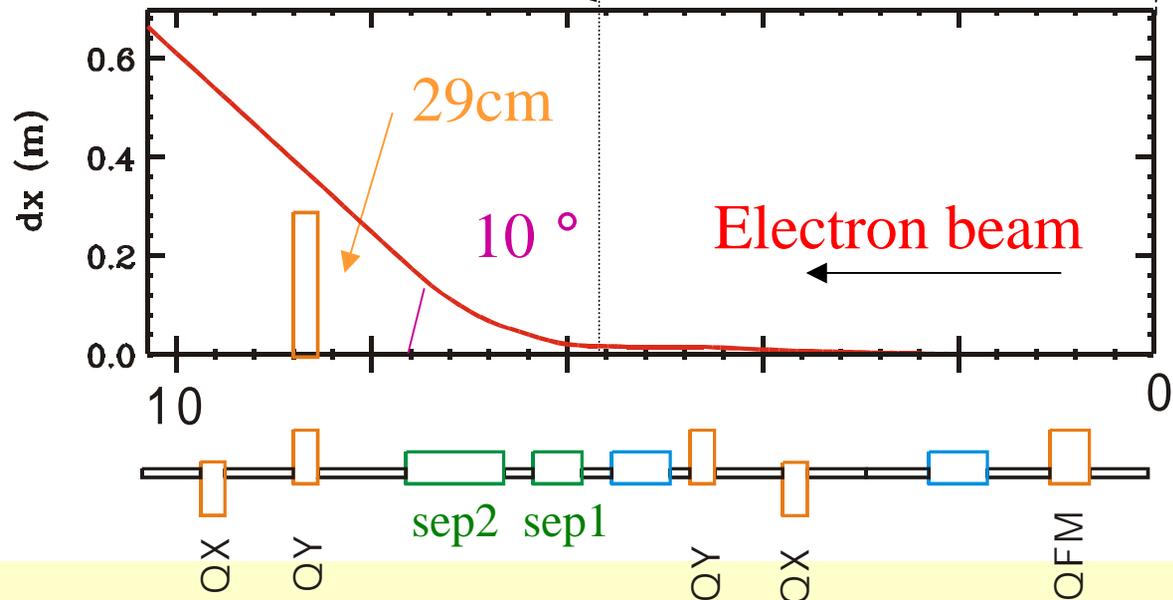
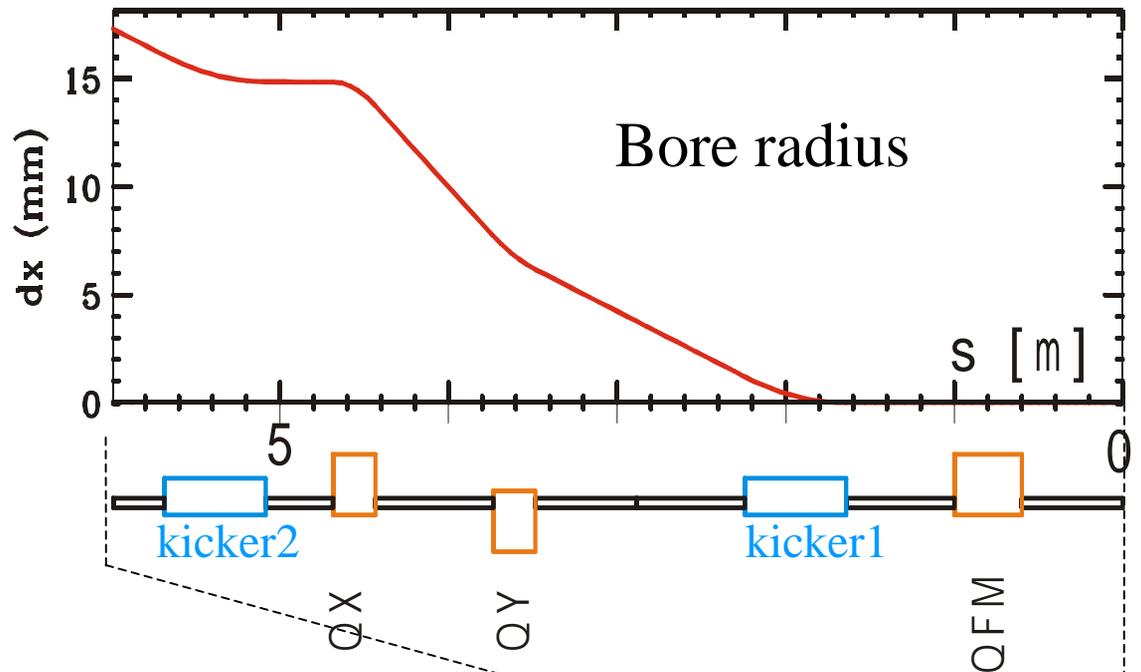
0.6m , 0.4kG

Septum1 : 3.3°

0.5m , 0.69T

Septum2 : 6.7°

1.0m , 0.70T



Summary

入射器 (Linac , synchrotron) のデザインを行い、
エミッタンス 52 nmrad

Energy spread 0.07%

を達成し、lossをなくし、運転可能である。

運転モードsingle,multi 両方に対してTop-up入射の
状況を考慮し、0.5 ~ 1Hz運転を行うことで

Top-up入射で電流安定性を

Single < 1% , Multi < 0.1%

に保つことが可能である。

Study more

- Increase capture efficiency on Synchrotron
 - Due to unsynchronized beam between linac and synchrotron and large dispersion at Q magnet, capture efficiency is less than 50% on multi bunch mode.
- Eddy current effects on Synchrotron
- Kicker design optimization
- Future
 - RF gun option
 - FEL operation on synchrotron